

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang ada di dunia dengan sumber daya alamnya yang sangat melimpah. Sumber daya alam di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk membangun pertumbuhan ekonomi yang baik demi tercapainya pembangunan berkelanjutan. Salah satu cara untuk memanfaatkan sumber daya alam yang ada adalah melalui pengolahan dalam industri kimia. Industri kimia yang sedang berkembang di Indonesia dapat berupa industri makanan, industri kosmetik, industri farmasi, dan masih banyak lainnya. Bersamaan dengan berkembangnya industri-industri yang ada, kebutuhan akan bahan baku pembuatan produk juga akan meningkat. Salah satu bahan baku utama yang sering digunakan dalam industri-industri tersebut adalah sorbitol.

Seiring dengan berkembangnya zaman, kebutuhan sorbitol semakin meningkat, berbanding lurus dengan bertambahnya jumlah penduduk. Sorbitol merupakan senyawa monosakarida *polyhydric* alkohol, dan seringkali dikenal dengan nama sorbit, D-Sorbitol, L-Glucitol, dan *cholaxine* (PubChem, 2020). Selain untuk kebutuhan dalam negeri, hasil produksi sorbitol sebagian besar digunakan untuk ekspor ke luar negeri. Ekspor sorbitol menunjukkan penurunan kian tahunnya, hal ini dapat diartikan pula sebagai meningkatnya kebutuhan sorbitol dalam negeri (BPS, 2020). Hal ini tidak terjadi di Indonesia saja, namun kebutuhan sorbitol pada tingkat dunia juga semakin lama semakin meningkat, terbukti dengan jumlah impor yang semakin meningkat tiap tahunnya, khususnya negara-negara di Asia, Australia, dan Eropa (UN Data, 2019).

Sorbitol dikenal sebagai gula alkohol, dan pada umumnya dibuat melalui glukosa yang direduksi (Grembecka, 2015). Glukosa sendiri dapat dibuat dengan cara hidrolisis dari bahan baku biomassa lignoselulosa. Hidrolisis sendiri adalah proses pemecahan polisakarida dari biomassa menjadi monomer gula penyusunnya. Jika biomassa yang mengandung selulosa terhidrolisis sempurna, maka glukosa dapat terbentuk. Biomassa yang tersedia melimpah di Indonesia salah satunya adalah bonggol jagung (BPS, 2020).

Produk pertanian yang banyak dihasilkan oleh Indonesia contohnya adalah jagung, dimana 30% dari tanaman jagung berupa bonggol jagung (Koswara, 1991). Selama ini bonggol jagung hanya dianggap sebagai limbah sehingga pemanfaatannya masih sangat minim, biasanya hanya dibuat sebagai pakan ternak dan dibuat menjadi arang sebagai bahan bakar. Dengan pemanfaatannya yang sangat minim ini, persaingan untuk mendapatkan bahan baku akan lebih mudah dan harga produksi dapat dikurangi, sehingga harga jual produk juga dapat bersaing di pasaran. Dengan berdirinya pabrik sorbitol ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi masyarakat, untuk meningkatkan kualitas sosial, ekonomi, sekaligus menyediakan lapangan kerja lebih banyak bagi masyarakat setempat.

I.2. Sifat-sifat Bahan Baku dan Produk

I.2.1. Bonggol jagung

Bonggol jagung merupakan limbah padat hasil samping dari tanaman jagung. Bonggol jagung sebenarnya adalah bagian dalam pada tanaman jagung tempat menempelnya bulir jagung (Koswara, 1991). Morfologi bonggol jagung dapat dilihat pada Gambar I.1. Menurut Departemen Pertanian, jagung termasuk dalam produk pertanian yang banyak dihasilkan oleh Indonesia, dimana produksinya kian tahun kian meningkat. Bersamaan dengan naiknya produksi dan konsumsi jagung, maka produksi limbah bonggol jagung juga akan semakin banyak.



Gambar I. 1. Bonggol Jagung

Bonggol jagung merupakan salah satu bahan baku biomassa lignoselulosa yang di dalamnya terkandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Kaliyan, 2010). Komposisi material lignoselulosa yang ada pada bonggol jagung dapat dilihat pada Tabel I.1

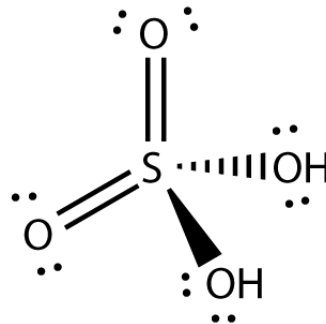
Tabel I. 1. Komposisi material lignoselulosa dalam bonggol jagung

Komposisi	Jumlah
Selulosa	40%
Lignin	5,8%
Hemiselulosa	41,4%
Abu	12,8%
Total	100%

(Kaliyan, 2010)

I.2.2. Asam sulfat (H_2SO_4)

Asam sulfat merupakan cairan berminyak yang tidak berwarna jika kemurniannya tinggi, dan akan menjadi kecoklatan ketika kemurniannya semakin rendah. Saat larut dalam air, asam sulfat akan melepaskan panas (eksotermis) dan bersifat sangat korosif. Asam sulfat seringkali digunakan dalam pembuatan pupuk, bahan peledak, penyulingan minyak bumi, pembuatan kertas, dan masih banyak industri lainnya. Kontak langsung dengan asam sulfat akan menyebabkan iritasi pada kulit, mata, saluran pernafasan, dan saluran pencernaan, bersifat karsinogenik pada manusia dan dapat menyebabkan kematian (Pubchem, 2020).

**Gambar I. 2. Struktur Molekul Asam Sulfat**

Tabel I. 2. Karakteristik dari Asam Sulfat

Rumus Molekul	Karakteristik	Keterangan
H₂SO₄	Berat Molekul (g/mol)	98,08
	Titik Didih (°C)	288
	Titik Lebur (°C)	10
	Densitas (kg/m ³)	1840
	Kelarutan	Larut dalam air secara eksotermis. Larut dalam etanol

(Pubchem, 2020)

I.2.3. Hidrogen

Hidrogen adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Hidrogen mudah terbakar dan dapat membentuk campuran dengan udara yang mudah terbakar atau meledak. Ketika hidrogen dinyalakan, hidrogen akan terbakar dengan warna biru pucat yang nyalanya hampir tak terlihat. Hidrogen dapat bereaksi jika dikombinasikan dengan oksidator, seperti udara, oksigen, dan halogen. Uap hidrogen lebih ringan dari udara. Hidrogen tidak beracun tetapi dapat menyebabkan sesak napas sederhana. (Pubchem, 2020).

Tabel I. 3. Karakteristik gas hidrogen

Rumus Molekul	Karakteristik	Keterangan
H₂	Berat Molekul (g/mol)	2,016
	Titik Didih (°C)	-259,16
	Tekanan uap pada 25°C (kPa)	165.320
	Densitas (g/dm ³)	0,082
	Kelarutan pada 21°C	Larut dalam air sebesar 1,62 mg/L

(Pubchem, 2020)

1.2.4. Katalitis Ruthenium

Katalis ini digunakan dalam proses hidrogenasi katalitik. Katalis ini pada umumnya berbentuk padatan, berwarna abu-abu tua dan tidak berbau. Debu dari katalis yang terakumulasi dapat menyebabkan percikan api. Ruthenium katalis dapat menyebabkan iritasi dan reaksi alergi pada kulit, iritasi pada mata, iritasi pernafasan, dapat menyebabkan kerusakan organ-organ melalui pemaparan yang berkepanjangan atau berulang, dan dapat menyebabkan kanker. Karakteristik katalis Ruthenium dapat dilihat pada Tabel I.2.4 (Thermo Fischer Scientific, 2019).

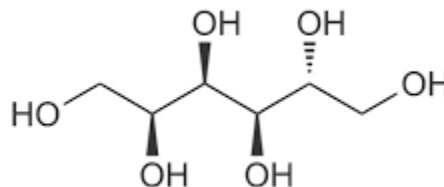
Tabel I. 4. Karakteristik katalis Ruthenium

Karakteristik	Keterangan
Berat molekul (g/mol)	101,07
Titik leleh (°C)	2.310
Titik didih (°C)	3900

(Thermo Fischer Scientific, 2019)

1.2.5. Sorbitol

Larutan sorbitol pada umumnya memiliki kemurnian sebesar 70%. Larutan sorbitol memiliki tekstur yang pekat atau kental, tidak berwarna, dan tidak berbau (Merck, 2018). Sorbitol sekitar 60% semanis sukrosa dengan kalori yang sepertiga kali lebih sedikit. Selain memberikan rasa manis, sorbitol merupakan agen humektan dan penstabil warna yang sangat baik. Sorbitol merupakan senyawa non-kariogenik dan merupakan pemanis yangn bermanfaat bagi penderita diabetes ataupun bagi program diet. Sorbitol telah digunakan dengan aman dalam makanan, dalam produk obat-obatan dan produk kosmetik (PubChem, 2020). Struktur sorbitol dapat dilihat pada Gambar I.5, sedangkan karakteristik sorbitol dapat dilihat pada Tabel I.5.



Gambar I. 3. Struktur sorbitol

Tabel I. 5. Karakteristik dari sorbitol

Rumus Molekul	Karakteristik	Keterangan
C ₆ H ₁₄ O ₆	Berat Molekul (g/mol)	182,17
	<i>Flash point</i> (°C)	100
	Viskositas pada 25 °C (cP)	110
	Densitas pada 20 °C (kg/m ³)	1287,9
	Kelarutan	Larut dalam air panas

(Merck, 2018)

I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk

Sorbitol dapat digunakan sebagai bahan baku dari berbagai macam industri kimia, seperti industri makanan, industri kosmetik, dan industri farmasi. Pada industri makanan, sorbitol biasa digunakan sebagai pemanis buatan yang rendah kalori, sehingga banyak digunakan pada produk-produk untuk penderita diabetes, makanan dan minuman untuk program diet, permen bebas gula, pemanis sirup, dan lain-lain. Pada industri kosmetik, sorbitol sering digunakan sebagai humektan, dimana humektan digunakan untuk menjaga kelembaban, selain itu sorbitol dapat digunakan sebagai pencegah kerusakan gigi sekaligus sebagai penyegar dalam pembuatan pasta gigi dan obat pencuci mulut. Sedangkan dalam bidang industri farmasi, sorbitol dapat digunakan sebagai bahan baku pembentukan vitamin C dengan proses fermentasi menggunakan bakteri *Bacillus suboxidant*, serta dapat digunakan sebagai pengabsorpsi mineral, diantaranya Cs, Sr, F, serta vitamin B12. Sorbitol dengan konsentrasi yang tinggi juga dapat digunakan sebagai stabilisator dari berbagai antibiotik dan vitamin.

Keunggulan dari sorbitol ini adalah bahan baku utamanya yang berasal dari bonggol jagung. Bonggol jagung ini memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, sehingga jika diproses dengan hidrolisis asam dapat menghasilkan glukosa dalam jumlah yang cukup besar. Pemanfaatan dari bonggol jagung sendiri juga sangat rendah, hanya digunakan sebagai pakan ternak maupun dijadikan arang untuk bahan bakar, sehingga persaingan mendapatkan bahan baku masih rendah dan harga jual produk dapat bersaing di pasaran. Pembuatan sorbitol dari bonggol jagung dengan metode hidrogenasi katalitik akan menghasilkan konversi reaksi yang tinggi dengan waktu pembentukan produk yang lebih cepat dan kualitas produk yang lebih baik jika

dibandingkan dengan metode reduksi elektrolitik maupun bioteknologi. Selain itu, ditinjau dari segi ekonomi, gas hidrogen yang dibutuhkan serta katalisnya lebih mudah dijumpai dengan harga yang lebih murah.

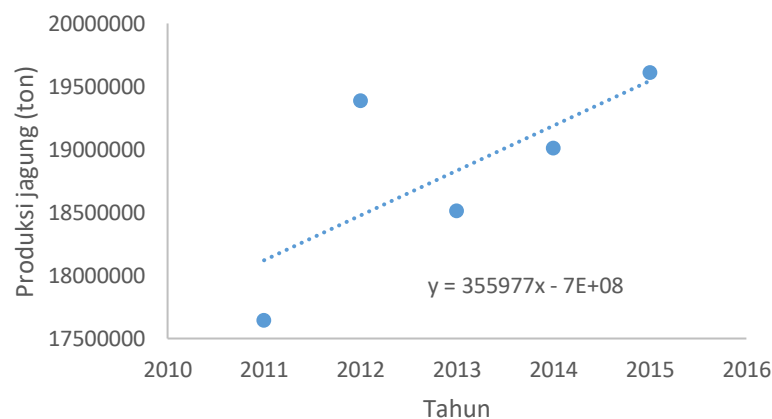
I.4. Ketersediaan Bahan Baku

Bonggol jagung yang berasal dari tanaman jagung merupakan bahan baku utama pembuatan sorbitol. Tanaman jagung merupakan salah satu hasil sumber daya alam yang jumlahnya melimpah di Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik, tanaman jagung paling banyak diproduksi di Jawa Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah Gorontalo, dan Lampung. Jumlah produksi tanaman jagung yang ada di Indonesia dapat dilihat pada Tabel I.4.

Tabel I. 6. Produksi jagung di Indonesia

Tahun	Jumlah Produksi (ton)
2011	17.643.250
2012	19.387.022
2013	18.511.853
2014	19.008.426
2015	19.612.435

(BPS,2015)



Gambar I. 4. Jumlah produksi jagung di Indonesia

Melalui Gambar I.4, didapatkan hubungan antara tahun dengan produksi jagung di Indonesia yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$y = 355977x - 7 \times 10^8$$

Dimana: y = jumlah produksi jagung di Indonesia

x = tahun

Dengan melakukan regresi linear, produksi jagung di Indonesia pada tahun 2025 adalah sebesar=

$$y = 355977x - 7 \times 10^8$$

$$y = 355977 (2025) - 7 \times 10^8$$

$$y = 20.853.425 \text{ ton}$$

Dimana jumlah bonggol jagung adalah 30% dari jumlah tanaman jagung, sehingga total produksi bonggol jagung pada tahun 2025 adalah sebagai berikut=

$$\text{Jumlah bonggol jagung} = 30\% \times \text{jumlah produksi jagung}$$

$$\text{Jumlah bonggol jagung} = 30\% \times 20.853.425 \text{ ton}$$

$$\text{Jumlah bonggol jagung} = 6.256.027,5 \text{ ton}$$

I.5. Kapasitas Produksi dan Analisis Pasar

Indonesia memiliki beberapa perusahaan yang telah memproduksi sorbitol. Kapasitas produksi dan lokasi dari perusahaan-perusahaan tersebut dapat dilihat pada Tabel I.5.1.

Tabel I. 7. Perusahaan yang memproduksi sorbitol di Indonesia

No.	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/tahun)
1.	PT Sorini Agro Asia	Pasuruan	87.000
2.	PT Sorini Towa Berlian	Pasuruan	48.000
2.	PT Sama Satria Pasifik	Sidoarjo	7.200
3.	PT Budi Kimia Raya	Lampung	6.000
TOTAL PRODUKSI			148.200

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, diperoleh data ekspor dan impor sorbitol seperti yang tertera dalam Tabel I.5.2.

Tabel I. 8. Data ekspor dan impor sorbitol di Indonesia

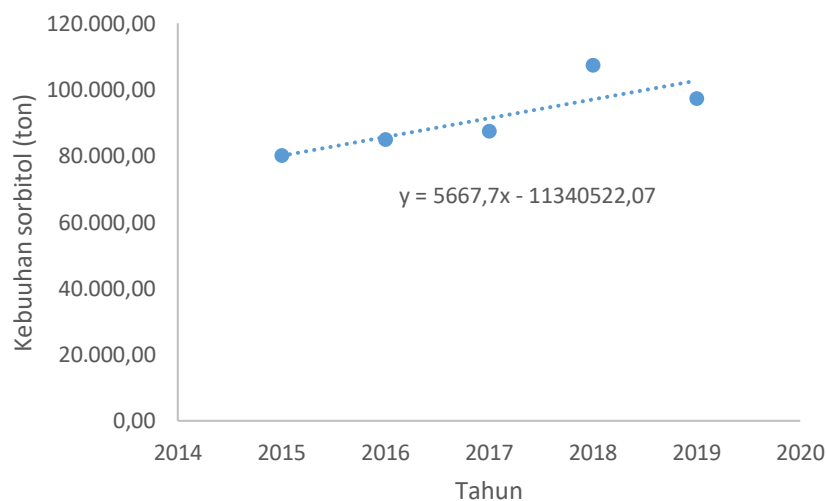
Tahun	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)
2015	1.410,91	69.612,110
2016	3.287,55	66.601,933
2017	4.265,77	65.177,685
2018	5.928,90	46.818,523
2019	4.363,55	55.438,397

(BPS,2020)

Jika produksi di Indonesia dianggap tetap, yakni sebanyak 148.200 ton/tahun, maka dapat dilihat kebutuhan sorbitol di Indonesia sama dengan jumlah produksi ditambah dengan jumlah impor kemudian dikurangi dengan jumlah ekspor. Banyaknya kebutuhan sorbitol di Indonesia dapat dilihat pada Tabel I.9.

Tabel I. 9. Kebutuhan Sorbitol di Indonesia

Tahun	Kebutuhan Sorbitol (Ton)
2015	79.998,80
2016	84.885,62
2017	87.288,09
2018	107.310,38
2019	97.125,15

**Gambar I. 5. Grafik Kebutuhan Sorbitol di Indonesia**

Melalui gambar I.5, didapatkan hubungan antara tahun dengan kebutuhan sorbitol di Indonesia yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$y = 5667,7x - 1.1340.522,07$$

Dimana: y = jumlah kebutuhan sorbitol di Indonesia
 x = tahun

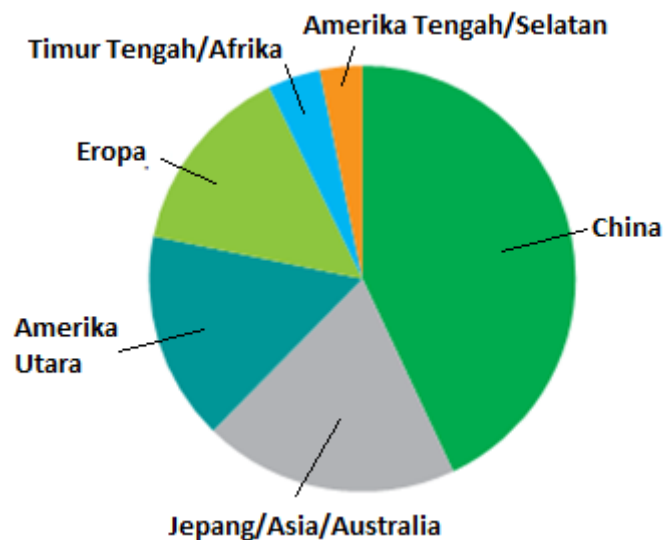
Dengan melakukan regresi linear, kebutuhan sorbitol di Indonesia pada tahun 2025 adalah sebesar=

$$y = 5667,7x - 1.1340.522,07$$

$$y = 5667,7 (2025) - 1.1340.522,07$$

$$y = 136.570,43 \text{ ton}$$

Jika produksi di Indonesia dianggap tetap, yakni sebanyak 148.200 ton/tahun, maka kebutuhan sorbitol di Indonesia tahun 2025 masih dapat terpenuhi. Maka dari itu, pabrik sorbitol yang akan didirikan akan ditujukan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Grafik konsumsi sorbitol di dunia pada tahun 2019 dapat dilihat pada Gambar I.6 (IHS Markit, 2020).



Gambar I. 6. Grafik konsumsi sorbitol di dunia

Sedangkan beberapa perusahaan luar negeri yang memproduksi sorbitol dapat dilihat pada Tabel I.10

Tabel I. 10. Beberapa Pabrik Sorbitol di Dunia

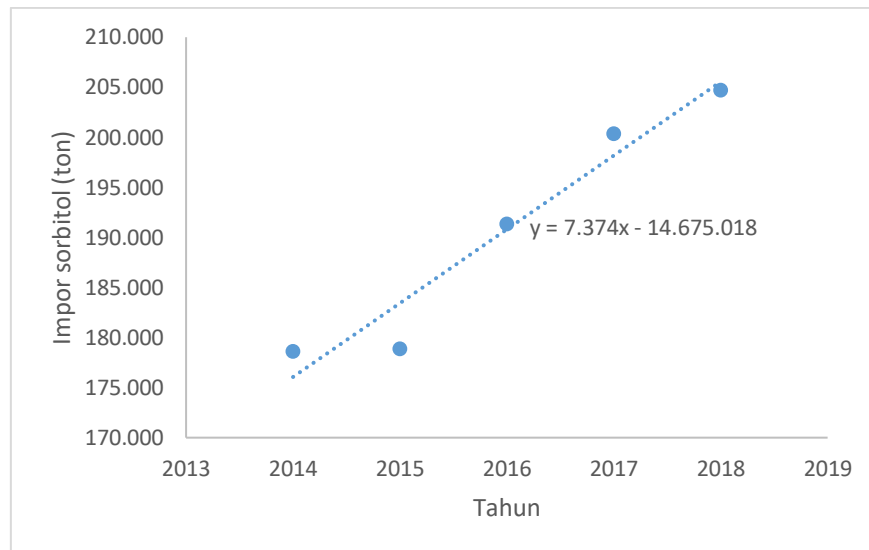
No.	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/tahun)
1.	Roquette Freres	Perancis	400.000
2.	Global Sweeteners	China	100.000
3.	Gulshan Polyols Ltd.	India	30.000
4.	Terio Corporation	China	10.000
5.	Ici Americas	Amerika Serikat	10.000

Melalui Gambar I.6., didapatkan bahwa sorbitol banyak dikonsumsi oleh masyarakat di Asia, Australia, Amerika, dan Eropa. Namun berdasarkan UN data, Amerika masih mampu memenuhi kebutuhan negaranya sendiri, sehingga jumlah impor negara Amerika sangat sedikit. Oleh karena itu, kapasitas produksi pabrik diutamakan untuk memenuhi kebutuhan sorbitol di Asia, Australia, dan Eropa. Berdasarkan UN data, didapatkan kebutuhan impor beberapa yang tercantum dalam Tabel I.5.5.

Tabel I. 11. Impor sorbitol beberapa negara di Asia, Australia, dan Eropa

Negara	Import sorbitol (ton)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Australia	8.112,10	8.208,00	8.293,67	8.253,28	6.079,75
Perancis	5.281,48	4.338,89	4.030,67	3.488,82	3.569,81
Jerman	29.042,62	28.889,24	29.905,01	32.368,69	36.525,63
Italia	5.070,25	5.146,34	6.201,51	6.654,27	6.775,40
Jepang	39.963,40	40.395,02	44.190,96	39.318,14	39.706,05
Malaysia	3.152,98	4.149,98	6.051,16	6.982,73	7.904,09
Korea	5.146,70	6.241,69	7.216,96	8.364,05	5.739,92
Rusia	28.153,16	21.209,05	22.945,51	25.070,47	26.030,78
Arab Saudi	4.734,13	4.115,43	5.388,00	4.287,20	4.444,88
Thailand	7.156,69	11.000,89	13.490,00	15.362,93	23.073,56
Inggris	17.609,06	19.970,79	20.339,86	24.041,30	20.844,69
Belanda	25.221,68	25.223,76	23.288,97	26.210,40	24.062,72
TOTAL	178.644,26	178.889,07	191.342,27	200.402,26	204.757,27

(UN data, 2019)



Gambar I. 7. Grafik impor sorbitol di Asia, Australia, dan Eropa

Melalui gambar I.5, didapatkan hubungan antara tahun dengan kebutuhan sorbitol di Asia, Australia, dan Eropa yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$y = 7.374x - 14.675.018$$

Dimana: y = jumlah impor sorbitol di Asia, Australia, dan Eropa

x = tahun

Dengan melakukan regresi linear, jumlah kebutuhan sorbitol di Asia, Australia, dan Eropa pada tahun 2025 adalah sebesar=

$$y = 7.374x - 14.675.018$$

$$y = 7.374 (2025) - 14.675.018$$

$$y = 257.332 \text{ ton}$$

Kapasitas produksi = 25% x kebutuhan sorbitol tahun 2025

$$= 25\% \times 257.332 \text{ ton}$$

$$= 64.333 \text{ ton}$$

Dibulatkan menjadi 70.000 ton/tahun

$$= 70.000 \text{ ton/tahun} \times 1 \text{ tahun}/330 \text{ hari}$$

Kapasitas produksi = 212,12 ton/hari

Dari data dan hasil perhitungan yang diperoleh, pendirian pabrik sorbitol dari bonggol jagung akan dibangun dengan kapasitas produksi sebesar 70.000 ton/tahun. Bonggol jagung yang dibutuhkan untuk memenuhi kapasitas produksi tersebut sebesar 226.112,72 ton/tahun (perhitungan pada Lampiran A).